



## **IBC-pakkaus**

**IBC-pakkaus**

**Jukka Nissinen**

**Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma**

Tuotantotekniikka

**SAVONIA- AMMATTIKORKEAKOULU****Tekniikka, Kuopio****OPINNÄYTETYÖ****Tiivistelmä**

Koulutusohjelma:

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto:

Tuotantotekniikka

Työn tekijä(t):

Jukka Nissinen

Työn nimi:

IBC-pakkaus

Päiväys: 15.2.2011

Sivumäärä / liitteet: 33 + liitteet

Ohjaajat:

Lehtori Pertti Kupiainen,

Tuotantopäällikkö Lassi Mehtonen

Yritys:

Kiurumet Oy

Tiivistelmä:

Tämän opinnäytetyön aiheena oli IBC-pakkauksen suunnittelu Kiurumet Oy:n tarpeisiin. Tavoitteena oli selvittää IBC-pakkauksen standardien ja asetusten vaatimukset sekä tyyppihyväksyntään vaadittavat testit. IBC-pakkaus on säiliö jota käytetään vaarallisten aineiden kuljetukseen. IBC-pakkauksesta tuli laatia 3D-malli ja työpiirrustukset.

Työ toteutettiin ottamalla selvää mitkä tarkastuslaitokset suorittavat tyyppihyväksyntään vaadittavat testit. Sen kautta selvitettiin mitä vaatimuksia IBC-pakkauksen suunnittelulle asetetaan. IBC-pakkaus suunniteltiin Liikenne- ja viestintäministeriön asetuksen n:o 171 mukaan.

Työn tuloksena saatiin toteuttamista vaille valmiit suunnitelmat IBC-pakkauksen valmistuksesta. Työn suoritus onnistui hyvin, pienistä ongelmista huolimatta.

Avainsanat: (1-5) IBC-pakkaus, VAK-säiliö

Julkinen ☒Salainen ☐

# SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## THESIS Abstract

Degree Programme:  
Degree Programme in Mechanical Engineering

Option:  
Production Technology

Authors:  
Jukka Nissinen

Title of Thesis:  
IBC package

Date: February 15, 2011

Pages / appendices: 33 + attachments

Supervisor:  
Mr Pertti Kupiainen, M.Sc., Mr Lassi Mehtonen Production Manager

Company:  
Kiurumet Oy

### Abstract

The aim of this project was to design an IBC package for the needs of Kiurumet Oy. The purpose was to find out the norms and standards to be used for designing the IBC package. The IBC package is a container for hazardous materials. In this case it is used to transport diesel oil. Work drawings and 3D models were also to be designed.

The work was done by finding out which testing stations conduct the tests required for qualification approval. This was necessary to find out the requirements concerning the design of an IBC package. Ordinance number 171 of the Ministry of Transport and Communications was followed when designing the IBC package.

As a result of this project there was a design of the IBC package ready to be used for manufacture. The design included 3D models, work drawings and documentary for manufacturing the package. The design succeeded well, in spite of some problems.

Keywords: (1-5) IBC package

Public x

Secure \_\_\_\_

## **ALKUSANAT**

Haluan kiittää Kiurumet Oy:tä ja tuotantopäällikkö Lassi Mehtosta. Lisäksi haluan kiittää ohjaajaani lehtori Pertti Kupiaista. Haluan myös kiittää perhettäni tuesta ja kannustamisesta.

Jukka Nissinen

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	6
2 YRITYKSEN ESITTELY .....	7
3 LÄHTÖKOHDAT .....	8
4 ESISELVITYS .....	9
4.1 Tarkastuslaitokset .....	10
4.2 IBC-pakkauksien merkintä .....	11
4.3 IBC-pakkauksia koskevat yleiset vaatimukset .....	12
4.4 Metallisia IBC-pakkauksia koskevat erityismääräykset .....	14
4.5 IBC-pakkauksia koskevat testausvaatimukset .....	17
4.5.1 Nostokoe alhaalta .....	18
4.5.2 Nostokoe ylhäältä .....	19
4.5.3 Tiiviyskoe .....	19
4.5.4 Nestepainekoe .....	20
4.5.5 Pudotuskoe .....	20
4.5.6 Tärinäkoe .....	21
5 IBC-PAKKAUKSEN SUUNNITTELU .....	22
5.1 Materiaalin valinta .....	22
5.2 Seinämäpaksuus .....	23
5.3 Särmyssäteet ja hitsaus .....	23
5.4 Putkiyhteet ja paineentasaus .....	24
6 IBC-PAKKAUKSEN 3D-MALLINTAMINEN .....	27
6.1 Lopullisen 3D-mallin suunnittelu .....	28
7 YHTEENVETO .....	31
LÄHTEET .....	32
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Kiurumet Oy on päätoimisesti metallirakenteisiin ja laituskunnossapitoon erikoistunut yritys. Yritys on päättänyt investoida oman tuotteen kehittelyyn, jotta matalasesongin aikaan yritykseen saadaan lisää kassavirtaa.

Opinnäytetyön aiheena on vaarallisten aineiden kuljetukseen käytettävä IBC-pakkaus. IBC-pakkaus on liikenne- ja viestintäministeriön asetuksen mukaan suunniteltu ja valmistettu säiliö, jonka tilavuus on vähintään  $0.45 \text{ m}^3$  ja enintään  $3 \text{ m}^3$ . Tavoitteena on suunnitella metallinen IBC-pakkaus jonka tilavuus on noin 620 litraa. Kyseistä pakkausta käytetään dieselöljyn ja polttoöljyn kuljettamiseen. Säiliö valmistetaan teräksestä.

Kiurumet Oy valmistaa säiliön kokonaan itse. Yritykselle on tärkeää saada kattavat esiselvitykset, 3D-mallit ja piirrustukset säiliöstä.

Opinnäytetyön tavoitteeksi rajattiin IBC-pakkauksen vaatimusten selvittäminen sekä 3D-mallien ja piirrustusten tekeminen. Lisäksi työhön kuului selvittää tarkastuslaitokset, jotka testaavat ja tyyppihyväksyvät säiliöt.

## **2 YRITYKSEN ESITTELY**

Kiurumet Oy on vuonna 1986 perustettu, Kiuruvedellä sijaitseva metallialan yritys. Yrityksen hallitukseen kuuluu toimitusjohtaja Timo Heinonen ja puheenjohtaja Pertti Lipponen. Yritys sijaitsee Kiuruvedellä osoitteessa Metallitie 2. /1/

Yrityksen toimenkuvaan kuuluu erilaiset metallirakenteet, laituskunnossapito, sahojen mekaaninen kunnossapito, korjaus- ja koneasennukset, lämpölaitosten rakenteet, turvekoneiden valmistus sekä teollisuuden alihankintatyöt. /1/

Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2009 noin 1.6 miljoonaa. Kiurumet Oy:ssä työskentelee 23 metallialan ammattilaista, jotka vastaavat tuotteiden korkeasta laadusta. /2/

### 3 LÄHTÖKOHDAT

Alati muuttuvassa taloustilanteessa pelkästään alihankitetyöt voivat olla ajoittain erittäin tiukassa. Yrityksessä, jossa on kokemusta erillaisten metallirakenteiden valmistuksesta ja kunnossapidosta, löytyy ammattitaitoa valmistaa omia tuotteita. Arvaamattomien taloussuhdanteiden vuoksi Kiurumet Oy on päättänyt alkaa valmistaa ja markkinoida omaa tuotetta.

Tuotantopäällikkö Lassi Mehtonen sai idean BioEnergia-lehdestä, jossa käsiteltiin tieliikenteeseen sopivia polttoainesäiliöitä. Lehdessä todettiin, että lainsäädäntö on muuttumassa siten, että jos polttoainetta halutaan kuljettaa säiliössä, täytyy säiliön täyttää IBC-pakkaukselle laaditut vaatimukset.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää minkälaisia vaatimuksia IBC-pakkaukselle asetetaan ja suunnitella mahdollinen säiliö. Aihe käsittää tarkastus- ja testauslaitosten kartoituksen, testit ja niiden läpäisyvaatimukset, vaadittavat asetukset ja pykälät sekä säiliön suunnittelun SolidWorks 3D-ohjelmistolla.

Yritys on määrittänyt että säiliön tilavuus tulee olla 620 litraa ja täyden säiliön paino tulisi jäädä alle 720 kilogramman. Säiliön tilavuuden määrittää se, että alle 1000 litran säiliöön ei tarvita kuljettajalta ADR-lupia. Maksimipaino taas selittyy sillä, että säiliötä tulee olla mahdollista kuljettaa avolava-auton lavalla.



## 4 ESISELVITYS

IBC eli Intermediate Bulk Container tarkoittaa jäykkää tai taipuisaa kuljetettavaa pakkausta. IBC-pakkauksissa kuljetetaan erillaisia vaarallisia aineita. Pakkaukset voidaan valmistaa käytöstä riippuen metallista, muovista, pahvista tai puusta. Tähän insinööriyöhön liittyvä IBC-pakkaus valmistetaan teräksestä.

Esiselvityksessä tehtävänä oli selvittää kaikki IBC-pakkauksen valmistukseen liittyvät standardit ja vaatimukset. Lisäksi tuli selvittää mahdolliset tarkastus- ja testauslaitokset. Selvitykseen kuului myös tyyppihyväksyntään vaadittavat testit ja niiden hinta.

Kartoittaessa tarvittavia standardeja selvisi, että IBC-pakkaus tulee valmistaa liikenne- ja viestintäministeriön asetuksen numero 171 mukaan. Lisäksi jos säiliön tilavuus on 1500 litraa tai suurempi, edellytetään niin sanotun säiliöstandardin käyttöä. Tässä tapauksessa säiliön tilavuus jää 670 litraan, joten standardin käyttöä ei vaadita.

Esiselvityksessä käytettiin Liikenne ja viestintäministeriön asetusta 171 ja säiliöstandardia SFS-EN 12285-2 erityisesti hitsejä mitoittaessa.

#### 4.1 Tarkastuslaitokset

Selvitys aloitettiin kartoittamalla kaikki tarkastuslaitokset, joissa on mahdollista tarkastaa ja saada tyyppihyväksyntä IBC-pakkauksille. Suomessa vaarallisten aineiden kuljetusta valvoo turvatekniikan keskus eli Tukes. Tukes valtuuttaa VAK-tarkastuslaitoksia ja VAK-määräaikaistarkastuksen laitoksia, jotka tekevät tyyppihyväksyntöjä tai määräaikaistarkastuksia.

VAK-tarkastuslaitos on laitos, joka tekee laitoksen tunnustamispäätöksen mukaisesti pakkausten ja säiliöiden hyväksymisiä sekä pakkausten ja säiliöiden määräaikaistarkastuksia ja ylimääräisiä tarkastuksia. Pakkausten ja säiliöiden hyväksymiset ja määräaikaistarkastukset koskevat kansalliseen ja kansainväliseen maantiekuljetukseen, kansalliseen ja kansainväliseen rautatiekuljetukseen, merikuljetukseen ja siviili-ilmailukäyttöön tarkoitettuja pakkauksia ja säiliöitä.

VAK-määräaikaistarkastusten laitos voi tehdä pakkausten määräaikaistarkastuksia, sekä muita täydentäviä tarkastuksia laitokselle annetun tunnustamispäätöksen mukaisesti. /3/

Tarkastuksia tekevät VTT, Inspecta Tarkastus Oy ja Polartest Oy. Näistä VTT:llä on VAK-tarkastuslaitos ja Inspectalla ja Polartestilla VAK-määräaikaistarkastusten laitos.

## 4.2 IBC-pakkauksien merkintä

Jokaisessa IBC-pakkauksessa, joka on valmistettu ja tarkoitettu vaarallisten aineiden kuljetukseen, on oltava selvä ja pysyvä merkintä. Vähintään 12 mm:n merkkikokoa oleva kirjaimista, numeroista ja symboleista koostuvan merkintä.

Merkintä sisältää YK-pakkaustunnuksen tai metallisissa pakkauksissa jossa merkintä on leimattu tai meistetty, voidaan pakkaustunnuksen sijaan käyttää isoja kirjaimia ”UN”. Seuraavaksi tulee pakkaustyyppin tarkennus, joka on riippuvainen pakkauksen materiaalista ja käyttötarkoituksesta. Se selvitetään taulukosta 4.1.

Seuraavaksi merkintään tulee kirjain sen pakkausryhmän mukaan, mitkä testit rakennetyyppi on läpäissyt. Seuraavaksi merkintään tulee valmistuskuukausi ja –vuosi sekä hyväksynnän antaneen valtion tunnus ilmaistuna kansainvälisellä moottoriajoneuvojen kansallisuustunnuksella. Viimeiseksi merkintään tulee valmistajan nimi tai tunnus sekä, jos pakkaus on suunniteltu pinottavaksi, koekuorma kilogrammoina ja enimmäisbruttomassa. /4/

Esimerkki suunniteltavan pakkauksen merkinnästä:

UN 31A/Y/09 10	Metallinen IBC-pakkaus nesteille/
FIN/KIURUMET	pakkausryhmille II ja III/valmistettu
670	syyskuussa 2010/valmistusmaa/valmistaja/ enimmäisbruttomassa

TAULUKKO 4.1. Pakkaustyyppin tarkennus ja tunnukset

Materiaali	Pakkaustyyppin tarkennus	Tunnus	Kohta
<b>Metalli</b> A. Teräs	- kiinteille aineille, omalla painolla täytettävä tai tyhjennettävä	11A	6.5.5.1
	- kiinteille aineille, paineella täytettävä tai tyhjennettävä	21A	
	- nesteille	31A	
B. Alumiini	- kiinteille aineille, omalla painolla täytettävä tai tyhjennettävä	11B	
	- kiinteille aineille, paineella täytettävä tai tyhjennettävä	21B	
	- nesteille	31B	
N. Muu kuin teräs tai alumiini	- kiinteille aineille, omalla painolla täytettävä tai tyhjennettävä	11N	
	- kiinteille aineille, paineella täytettävä tai tyhjennettävä	21N	
	- nesteille	31N	

### 4.3 IBC-pakkauksia koskevat yleiset vaatimukset

Liikenne- ja viestintäministeriön asetuksen numero 171 mukaan seuraavat vaatimukset koskevat yleisesti kaikkia IBC-pakkauksia.

Yleisesti kaikkien IBC-pakkausten on oltava ympäristön aiheuttamaa vaikutusta kestäviä tai riittävästi suojattuja. Pakkausten on oltava siten valmistettuja ja suljettuja, että sisällöstä ei voi päästä mitään ulos tavanomaisissa kuljetusolosuhteissa tärinän vaikutuksesta tai lämpötilan, kosteuden tai paineen muutoksen vaikutuksesta.

IBC-pakkaukset, niiden lisälaitteet sekä niiden käyttölaitteet ja rakenteelliset varusteet suunnitellaan siten, että ne kestävät kuljetettavan aineen aiheuttaman sisäisen paineen sekä tavanomaisessa käsittelyssä ja kuljetuksessa syntyvät rasitukset.

Pinottaviksi tarkoitettut IBC-pakkaukset on suunniteltava pinoamista varten. IBC-pakkausten nosto- ja kiinnityslaitteiden on oltava riittävän vahvat kestäämään tavanomaiset käsittely- ja kuljetusolosuhteet ilman merkittävää muodonmuutosta tai vioittumista. Niiden on oltava sijoitetut siten, ettei IBC-pakkaukseen missään osassa synny liiallista rasitusta.

/4/

Suunniteltava IBC-pakkaus ei ole rakenteeltaan pinottava, joten pinoamisesta johtuvia rasituksia ei suunnittelussa tarvitse ottaa huomioon. Lisäksi koska suunniteltavaa pakkausta käytetään nesteiden kuljetukseen, on tyhjennysputkien tiiviys varmistettava esimerkiksi umpilaipalla tai vastaavalla laitteella.

Koska pakkausta tullaan käyttämään dieselöljyn kuljetukseen, on otettava huomioon että pakkaukseen tarvitsee jättää paisuntavara. Täytettäessä IBC-pakkauksia nesteillä on niihin jätettävä riittävän suuri tyhjätila varmistamaan, että kuljetuksen aikana mahdollisen lämpötilan vaihtelun johdosta tapahtuva nesteen laajeneminen ei aiheuta vuotoja tai pysyviä muodonmuutoksia pakkaukseen. IBC-pakkauksiin on jätettävä riittävän suuri tyhjätila varmistamaan, että enintään 98 % IBC-pakkauksen vesitilavuudesta täyttyy 50 °C keskilämpötilassa. Ellei muualla toisin säädetä, enimmäistäyttöaste on määritettävä 15 °C täyttölämpötilassa taulukon 4.2. mukaan

TAULUKKO 4.2. Aineen kiehumispiste suhteessa täyttöasteeseen

Aineen kiehumispiste (kiehumisen alkamispiste), °C	< 60	≥ 60 < 100	≥ 100 < 200	≥ 200 < 300	≥ 300
Täyttöaste laskettuna pakkauksen tilavuudesta, %	90	92	94	96	98

#### 4.4 Metallisia IBC-pakkauksia koskevat erityismääräykset

Liikenne- ja viestintäministeriön asetuksen numero 171 mukaan seuraavat vaatimukset koskevat kiinteille aineille ja nesteille tarkoitettuja metallisia IBC-pakkauksia. Metalliset IBC-pakkaukset jaetaan kolmeen ryhmään:

- Kiinteille aineille tarkoitettut, omalla painolla täytettävät tai tyhjennettävät
- Kiinteille aineille tarkoitettut, yli 10 kPa (0,1 bar) ylipaineella täytettävät tai tyhjennettävät
- Nesteille tarkoitettut

Asetus määrää ensimmäiseksi, että pakkauksen runko on valmistettava sopivasta sitkeästä metallista, jonka hitsattavuus on täysin osoitettu. Hitsausseamat on tehtävä ammattitaitoisesti ja niiden on oltava täysin turvallisia. Kestävyys matalissa lämpötiloissa on otettava tarvittaessa huomioon. /4/

Koska säiliö valmistetaan metallista, on huolehdittava siitä, ettei vierekkäisten erilaisten metallien galvaanisesta vaikutuksesta aiheudu vaurioita. Säiliö pyritäänkin valmistamaan yhdestä teräslaadusta galvaanisen korroosion estämiseksi.

Valmistukseen käytettävien metallien tulee täyttää seuraavat vaatimukset:

- Teräksellä murtovenymän  $A_1$  on oltava vähintään 20 %, ja se saadaan kaavasta

$$A_1 = 10\,000 / R_m \quad (1)$$

jossa  $R_m$  = käytettävän teräksen taattu vähimmäismurtolujuus (N/mm<sup>2</sup>)

- vertailuteräs joka toteuttaa kaavan

$$R_m \times A_0 = 10\,000 \quad (2)$$

jossa  $A_0$  on vertailuteräksen metallin vähimmäismurtovenymä (%) vetorasituksen alaisena ja  $R_m$  = käytettävän teräksen taattu vähimmäimurtolujuus, saadaan taulukosta 4.3. /4/

TAULUKKO 4.3. Seinämäpaksuudet vertailuteräkselle

Tilavuus (C) litroina	Seinämäpaksuus (T) millimetreinä			
	Tyypit: 11A, 11B, 11N		Tyypit: 21A, 21B, 21N, 31A, 31B, 31N	
	Suojaamaton	Suojattu	Suojaamaton	Suojattu
$C \leq 1\,000$	2,0	1,5	2,5	2,0
$1\,000 < C \leq 2\,000$	$T = \frac{C}{2\,000} + 1,5$	$T = \frac{C}{2\,000} + 1,0$	$T = \frac{C}{2\,000} + 2,0$	$T = \frac{C}{2\,000} + 1,5$
$2\,000 < C \leq 3\,000$	$T = \frac{C}{2\,000} + 1,5$	$T = \frac{C}{2\,000} + 1,0$	$T = \frac{C}{1\,000} + 1,0$	$T = \frac{C}{2\,000} + 1,5$

- Muille metalleille kuin vertailuteräkselle seinämän vähimmäispaksuus lasketaan kaavasta

$$e_1 = \frac{21,4 \times e_0}{\sqrt[3]{R_{m1} \times A_1}} \quad (3)$$

jossa  $e_1$  on valitun metallin seinämän vähimmäispaksuus millimetreissä,  $e_0$  on vertailuteräksen seinämän vähimmäispaksuus millimetreissä,  $R_{m1}$  on valitun metallin taattu vähimmäismurtolujuus (N/mm<sup>2</sup>) ja  $A_1$  on valitun metallin vähimmäismurtovenymä (%) vetorasituksen alaisena. Seinämäpaksuuden on kuitenkin aina oltava vähintään 1,5 mm.

Koska pakkauksessa kuljetetaan nesteitä, asettaa se erityisvaatimuksia paineentasauksen suhteen. Nesteille tarkoitettujen IBC-pakkausten on oltava sellaisia, että ne voivat päästää riittävän määrän höyryä, jotta varmistuttaisiin ettei pakkauksen runko tulen vaikutuksesta halkea. Tähän voidaan käyttää tavallisia paineentasauslaitteita tai muita sopivia rakenteellisia keinoja.

Paine, jossa paineentasaus alkaa, saa olla enintään 65 kPa (0,65 bar), ja sen on oltava vähintään IBC-pakkauksen kokonaisylipaine 55 °C lämpötilassa enimmäistäyttöasteen ollessa 94% pakkauksen kokonaistilavuudesta. Vaaditut paineentasauslaitteet on asennettava kaasutilaan. Kokonaisylipaineella tarkoitetaan täytettävän aineen höyrynpaineen ja ilman tai muiden vaarattomien kaasujen osapaineiden summaa vähennettynä 100 kPa (1 bar). /4/



#### 4.5 IBC-pakkauksia koskevat testausvaatimukset

Jokaisen IBC-pakkauksen rakennetyypin on läpäistävä vaaditut tyyppitestit ennen käyttöönottoa ja merkinnän myöntävän VAK-tarkastuslaitoksen hyväksyntää. IBC-pakkauksen rakennetyypin määräytyy mallin, koon, materiaalin ja sen paksuuden sekä valmistus-, täyttö- ja tyhjennystavan perusteella. Sama rakennetyypin voi kuitenkin sisältää erilaisia pintakäsittelyjä. Pakkauksen rakennetyypin luetaan kuuluvaksi myös ne IBC-pakkaukset, jotka eroavat hyväksytystä rakennetyypistä vain pienempien ulkomittojensa puolesta. /4/

Yksi IBC-pakkaus jokaista rakennetyypin, kokoa, seinämänpaksuutta ja rakennustapaa kohden on testattava taulukon 4.4 osoittamilla testeillä ja siinä järjestyksessä.

TAULUKKO 4.4. Vaadittavat tyyppitestit ja niiden suoritusjärjestys

IBC-pakkauksen tyyppi	Tärinä-koe <sup>f</sup>	Nosto-koe alhaalta	Nosto-koe ylhäältä <sup>a</sup>	Pinoa-miskoe <sup>b</sup>	Tii-viys-koe	Neste-paine-koe	Pudo-tuskoe	Repi-mis-koe	Kumo-amis-koe	Pystyyn-nosto-koe <sup>c</sup>
Metallinen:										
11A, 11B, 11N	-	1. <sup>a</sup>	2.	3.	-	-	4. <sup>a</sup>	-	-	-
21A, 21B, 21N	-	1. <sup>a</sup>	2.	3.	4.	5.	6. <sup>a</sup>	-	-	-
31A, 31B, 31N	1.	2. <sup>a</sup>	3.	4.	5.	6.	7. <sup>a</sup>	-	-	-
Suursäkki (IBC) <sup>d</sup>	-	-	x <sup>c</sup>	x	-	-	x	x	x	x
Jäykkä muovinen:										
11H1, 11H2	-	1. <sup>a</sup>	2.	3.	-	-	4.	-	-	-
21H1, 21H2	-	1. <sup>a</sup>	2.	3.	4.	5.	6.	-	-	-
31H1, 31H2	1.	2. <sup>a</sup>	3.	4. <sup>g</sup>	5.	6.	7.	-	-	-
Yhdistetty:										
11HZ1, 11HZ2	-	1. <sup>a</sup>	2.	3.	-	-	4. <sup>e</sup>	-	-	-
21HZ1, 21HZ2	-	1. <sup>a</sup>	2.	3.	4.	5.	6. <sup>e</sup>	-	-	-
31HZ1, 31HZ2	1.	2. <sup>a</sup>	3.	4. <sup>g</sup>	5.	6.	7. <sup>e</sup>	-	-	-
Pahvinen	-	1.	-	2.	-	-	3.	-	-	-
Puinen	-	1.	-	2.	-	-	3.	-	-	-

<sup>a</sup> Jos IBC-pakkaus on suunniteltu tällaista käsittelytapaa varten.

<sup>e</sup> Toista saman rakennetyypin IBC-pakkausta voidaan käyttää pudotuskokeessa.

<sup>c</sup> Jos IBC-pakkaus on suunniteltu nostettavaksi ylhäältä tai sivulta.

<sup>d</sup> Vaadittavat tyyppitestit on merkitty x:llä. Yhden testin läpäissyttä suursäkkiä (IBC) voidaan käyttää toisiin testeihin missä järjestyksessä tahansa.

<sup>e</sup> Toista saman rakennetyypin IBC-pakkausta voidaan käyttää pudotuskokeessa.

<sup>f</sup> Toista saman rakennetyypin IBC-pakkausta voidaan käyttää tärinäkoeksessa.

<sup>g</sup> Toista IBC-pakkausta voidaan käyttää kokeiden suoritusjärjestyksestä poiketen välittömästi varastoinnin jälkeen

#### *4.5.1 Nostokoe alhaalta*

Nostokoe alhaalta on tyyppitesti kaikille pahvisille ja puisille IBC-pakkauksille sekä kaikille IBC-pakkaustyypeille, jotka on varustettu alhaalta nostamista varten tarkoitetuilla laitteilla. /4/

IBC-pakkaus on täytettävä siten, että kuormitus jakautuu tasaisesti. Täytetyn IBC-pakkauksen ja kuoman yhteismassan on oltava 1.25 kertaa suurin sallittu bruttomassa. /4/

IBC-pakkaus on nostettava ja laskettava kaksi kertaa trukilla. Trukin haarukoiden on oltava keskellä, ja niiden etäisyyden toisistaan on oltava  $\frac{3}{4}$  pituudeltaan. Koe on toistettava jokaisesta mahdollisesta käsittelysuunnasta. /4/

Koe on hyväksytty jos IBC-pakkaukseen ja sen mahdolliseen alustaan ei tule sellaista pysyvää muodonmuutosta, joka heikentää kuljetusturvallisuutta. IBC-pakkauksesta ei saa vuotaa täytösainetta. /4/

#### *4.5.2 Nostokoe ylhäältä*

Nostokoe ylhäältä on tyyppitesti kaikille IBC-pakkaustyypeille, jotka on suunniteltu ylhäältä nostettaviksi, ja suursäkeille, jotka on suunniteltu ylhäältä tai sivulta nostettaviksi.

/4/

Metalliset ja jäykät muoviset IBC-pakkaukset sekä yhdistetyt IBC-pakkaukset on täytettävä siten, että kuormitus jakautuu tasaisesti. Täytetyn IBC-pakkauksen ja kuorman yhteismassa on oltava kaksi kertaa suurin sallittu bruttomassa. /4/

Metalliset IBC-pakkaukset ja suursäkit on nostettava niille suunnitellulla tavalla irti lattiasta ja pidettävä tässä asennossa 5 minuutin ajan. /4/

Koe on hyväksytty jos IBC-pakkaus pysyy turvallisena tavanomaiseen kuljetuskäyttöön. IBC-pakkaukseen, mahdollinen alusta mukaan luettuna, ei saa tulla havaittavaa muodonmuutosta. IBC-pakkauksesta ei saa myöskään vuotaa täytösainetta. /4/

#### *4.5.3 Tiiviyskoe*

Tiiveyskoe on tyyppitesti ja määrääikaistesti IBC-pakkaustyypeille, jotka on tarkoitettu nesteiden kuljetukseen tai jotka on suunniteltu paineella täytettävien tai tyhjennettävien kiinteiden aineiden kuljetukseen. /4/

Koe on suoritettava ennen lämpöeristyksen asentamista. Paineentasausrakenteilla varustetut sulkimet on korvattava sulkimilla, joissa ei ole paineentasausrakennetta, tai aukko on suljettava tiiviisti. /4/

Koe on tehtävä ilmalla. Koepaineen, tässä tapauksessa ylipaineen, on oltava vähintään 20 kPa eli 0,2 bar, ja sitä on ylläpidettävä 10 minuutin ajan. IBC-pakkauksen ilmatiiviys on todettava sopivalla menetelmällä, esim. ilmanpaine-erokokeella tai upottamalla IBC-pakkaus veteen tai metalliselle IBC-pakkaukselle päällystämällä saumat ja liitokset saippualliuoksella. Upotusmenetelmässä on käytettävä hydrostaattisen paineen korjauskerrointa. Koe on hyväksytty jos ilmaa ei pääse ulos. /4/

#### 4.5.4 Nestepainekoe

Myös nestepainekoe on tyyppitesti kaikille IBC-pakkauksille, jotka on tarkoitettu nesteiden kuljetukseen tai jotka on suunniteltu paineella täytettävien tai tyhjennettävien kiinteiden aineiden kuljetukseen. /4/

Koetta varten IBC-pakkaus on valmistettava samalla tavoin kuin tiiviyskokeessa. Paineentasausrakenteet on kytkettävä pois käytöstä, tai ne on irrotettava ja syntyneet aukot on suljettava. /4/

Koe on suoritettava vähintään 10 minuutin ajan käyttämällä nestepainetta, joka riippuu pakkaustyyppistä. IBC-pakkaustyyppille 31A nestepaine on 200 kPa eli 2 bar. Pakkauksille on tehtävä koe käyttämällä 65 kPa koepainetta ennen varsinaista nestepainekoea. /4/

Koe on hyväksytty jos IBC-pakkaukseen ei tule sellaista pysyvää muodonmuutosta, joka heikentää kuljetusturvallisuutta, eikä IBC-pakkaus saa vuotaa. /4/

#### 4.5.5 Pudotuskoe

Pudotuskoe suoritetaan kaikille IBC-pakkaustyypeille. Valmisteltaessa IBC-pakkausta koetta varten täytetään metalliset nesteiden kuljetukseen tarkoitetut IBC-pakkaukset 98% enimmäistilavuudestaan. Paineentasausrakenteen on kytkettävä pois käytöstä, tai ne on irrotettava, ja syntyneet aukot on tukittava. /4/

Pakkaus pudotetaan joustamattomalle, vaakasuoralle, tasaiselle, massiiviselle ja kovalle alustalle siten, että IBC-pakkauksen pohjapinta, joka on vauriolla alttiin, iskeytyy alustaan. IBC-pakkauksille, joiden tilavuus on enintään 0.45 m<sup>3</sup>, suoritetaan myös koe jossa pudotetaan vauriolle alttiin kohta edellä. Kohdan on oltava eri kuin ensimmäisessä pudotuskokeessa testattu kohta. /4/

Koe hyväksytään jos IBC-pakkauksesta ei vuoda täytösainetta.

#### 4.5.6 Tärinäkoe

Tärinäkoe on tyyppitesti kaikille nesteillä täytettäville IBC-pakkaustyypeille. Kokeeseen valmistettava IBC-pakkaus on täytettävä vedellä vähintään 98% suurimmasta sallitusta tilavuudestaan. /4/

IBC-pakkaus on asetettava koelaitteiston(KUVA 1.) alustan keskelle, jolla on kohtisuora sinimuotoinen  $25 \text{ mm} \pm 5 \%$  kaksoisamplitudi (huipusta huippuun). Jos koekappaleen kiinnittämiseen tarvitaan välineitä, on niiden oltava kiinnitettynä alustaan siten, että koekappale ei liiku vaakasuorassa pois alustalla eikä kohtisuora liike esty. /4/

Kokeen on kestettävä tunnin ajan taajuudella, joka irrottaa IBC-pakkauksen pohjan tärinäalustasta hetkellisesti joka jaksolla siten, että ajoittain vähintään yhteen kohtaan IBC-pakkauksen ja alustan väliin voidaan asettaa metallilevy. Pakkauksen resonoinnin estämiseksi taajuutta voi olla tarvetta säätää asetusarvojen jälkeen. Joka tapauksessa kokeessa käytettävän taajuuden on mahdollistettava tässä kohdassa tarkoitetun metallilevyn asettaminen IBC-pakkauksen alle. Metallilevyn asettaminen on olennaista kokeen läpäisemiseksi. Kokeessa käytettävän metallilevyn paksuuden on oltava vähintään 1,6 mm ja leveyden 50 mm, ja sen on oltava riittävän pituinen, jotta se voidaan asettaa IBC-pakkauksen ja alustan väliin vähintään 100 mm. /4/

Koe hyväksytään jos vuotoa tai repeytymistä ei esiinny. Lisäksi rakenneosissa ei saa esiintyä rikkoutumista tai puutteita kuten murtuneita hitsisaumoja tai pettäneitä kiinnikkeitä. /4/



KUVA 1. Tärinälaite. Valokuva VTT 2010

## 5 IBC-PAKKAUKSEN SUUNNITTELU

Opinnäytetyön aloituspalaverissa sovittiin suunniteltavan IBC-pakkauksen reunaehdoista seuraavaa. Tilavuudeltaan IBC-pakkauks tulisi olemaan 620 litraa ja paino enintään 720kg. Painorajoitus siksi, koska IBC-pakkausta tulee pystyä kuljettamaan avolava-auton lavalla. Nämä ja esiselvityksessä esiin tulleet ehdot otettiin huomioon säiliötä suunniteltaessa.

### 5.1 Materiaalin valinta

Liikenne- ja viestintäministeriön asetus numero 171 vaarallisten aineiden kuljetuksesta tiellä määrää, että metalliset IBC-pakkaukset on valmistettava metalleista, jotka täyttävät seuraavat vaatimukset:

- Teräksellä murtovenymän  $A_1$  on oltava vähintään 20 %, ja se saadaan kaavasta

$$A_1 = 10\,000 / R_m \quad (1)$$

,jossa  $R_m$  = käytettävän teräksen taattu vähimmäismurtolujuus (N/mm<sup>2</sup>).

Tämän lisäksi haettiin hyvää särmättävyyttä. Materiaaliksi valikoitui Ruukin Laser 250 C –teräs, joka täyttää rakenneteräksen S235JRC EN 10025-2:2004 vaatimukset, sekä siinä on särmättävyystakuu. Teräksen vähimmäismurtolujuus on 360 N/mm<sup>2</sup>. /5/

Joten Laser 250 C –teräkselle murtovenymä tulee kaavasta

$$A_1 = 10\,000 / R_m \quad (1)$$

Murtovenymäksi saadaan

$$A_1 = 10\,000 / 360$$

$$A_1 \approx 27,777 \text{ (\%)}$$

## 5.2 Seinämäpaksuus

seinämän vähimmäispaksuus lasketaan kaavasta

$$e_1 = \frac{21,4 \times e_0}{\sqrt[3]{Rm_1 \times A_1}} \quad (3)$$

jossa  $e_1$  on valitun metallin seinämän vähimmäispaksuus millimetreissä,  $e_0$  on vertailuteräksen seinämän vähimmäispaksuus millimetreissä. Se saadaan taulukosta 4.3.  $Rm_1$  on valitun metallin taattu vähimmäismurtolujuus (N/mm<sup>2</sup>) ja  $A_1$  on valitun metallin vähimmäismurtovenymä (%) vetorasituksen alaisena. Seinämäpaksuuden on kuitenkin aina oltava vähintään 1,5 mm.

Laser 250 C –teräksen seinämäpaksuus saadaan kaavasta

$$e_1 = \frac{21,4 \times 2,5}{\sqrt[3]{360 \times 27,777}}$$

josta saatiin

$$e_1 \approx 2,483 \text{ (mm)}$$

Näin ollen teräksen seinämäpaksuudeksi valittiin 3mm.

## 5.3 Särmäyssäteet ja hitsaus

3 millimetriä paksun Laser 205 C –teräksen pienin sallittu sisäpuolinen taivutussäde kaikkiin suuntiin saadaan taulukosta 5.1. Sisäpuolisiksi särmäyssäteiksi valittiin 6 millimetriä.

TAULUKKO 5.1. Laser 250 C –teräksen sisäpuoliset taivutussäteet /6/

Nimellipaksuudet	>1,5 ≤2,5	>2,5 ≤3	>3 ≤4	>4 ≤5	>5 ≤6
Laser 250 C (kaikissa suunnissa)	1,5	1,5	2,0	2,5	3,0

Asetuksessa ei ole hitsaukselle muita rajoituksia kuin, että se on tehtävä ammattitaitoisesti. Hitsaussaumojä mitoitettaessa käytettiin apuna varastosäiliöstandardia SFS-EN 12285-2. Samaa säiliöstandardia käytetään suunniteltaessa yli 1.5 m<sup>3</sup> IBC-pakkauksia. Pienaliitoksien a-mitta saadaan kaavasta

$$a = 0,7 \times s \quad (4)$$

jossa s on materiaalipaksuus. Koska materiaalipaksuus on vain 3mm ja hitsaussaumät tulevat kantaviin liitoksiin on a-mitan oltava vähintään 3mm. Hitsaussauman a-mitaksi valittiin siis 3mm. Pienaliitoksia käytettiin mahdollisimman paljon helpottamaan ja nopeuttamaan IBC-pakkauksen hitsausta.

#### 5.4 Putkiyhteet ja paineentasaus

Koska liikenne ja viestintäministeriön asetus numero 171 ei aseta putkiyhteitä suunniteltaessa mitään rajoituksia, käytettiin apuna standardia SFS 2735, joka on standardi teräksiselle maanpäälliselle suorakulmaiselle säiliölle. Standardi sanoo, että säiliön sisään johdettavien putkien etäisyys säiliön pohjasta tulee olla vähintään 100mm. Lisäksi kun säiliötä käytetään II- luokan palavan nesteen säiliönä, saa täyttöputken purkautumiskohta ulottua enintään 200mm säiliön pohjasta.

Putkiyhteiden määrä ja sijoitus on riippuvainen IBC-pakkaukseen asennettavista lisälaitteista. Yhteet liitetään lisälaitteisiin pakkauksen runkoon hitsattavilla putkiyhteillä.



Paineentasausta on tärkeää, koska kuljetuksen aikana IBC-pakkaus tärisee ja sisällä oleva neste voi tästä johtuen muodostaa painetta pakkauksen sisälle. Paineentasausta käsitellään asetuksessa ja se suunniteltiin sen mukaisesti. Koska pakkausta käytetään vaarallisten nesteiden kuljetuksessa, ei se kuljetuksen aiheuttamasta tärinästä tai kaatuessaan saa vuotaa ulos kuljetettavia nesteitä. Tämän takia paineentasausta ei voi hoitaa pelkällä ilmaputkella. Asetus sanoo, että paineentasaukseen voidaan käyttää tavallisia paineentasauslaitteita tai muita sopivia rakenteellisia keinoja. Paineentasausta päätettiin hoitaa palloventtiilillä, joka sulkeutuu jos säiliö kallistuu kriittisesti ja on vaarana että nesteitä pääsee valumaan ulos. Palloventtiilin päälle asennetaan vielä erillinen huohotin.

Koska säiliöön ei tehdä sisäpinnalle käsittelyä, on siinä hyvä olla tyhjennysventtiili mahdollisen veden poistoon pohjalta.

### 5.5 Tilavuus ja paino

IBC-pakkauksen tilavuudeksi  $V_0$  sovittiin 620 litraa. Koska pakkauksessa halutaan kuljettaa dieselöljyä, on otettava huomioon, että pakkaukseen tarvitsee jättää paisuntavara. Asetuksen määrätään, että jos kiehumispiste on 100-200 celsiusasteen välissä tulee täyttöaste laskettuna prosentteina pakkauksen tilavuudesta olla enintään 94% (TAULUKKO 4.2).

Tällöin pakkauksen tilavuus  $V_1$  lasketaan kaavasta

$$V_1 = V_0 / 0.94 \quad (5)$$

Josta saatiin

$$V_1 = 620 \text{ l} / 0.94$$

$$V_1 \approx 660 \text{ l}$$

Pakkauksen tilavuuden tulee siis olla vähintään 660 litraa.

Maksimipainoksi asetettiin 720 kilogrammaa. Tämä vaikutti omalta osaltaan myös seinämäpaksuuksiin, koska pakkauksen paino tuli pitää mahdollisimman pienenä. Dieselöljyn tiheys on kesälaatuiseina välillä 800- 845 kg/m<sup>3</sup>. Kesälaatuinen dieselöljy on tiheämpää kuin talvilaatuinen.

Tällöin 620 litraa dieseliä painaa maksimissaan

$$m_0 = V \times \sigma \quad (6)$$

Josta saatiin

$$m_0 = 620 \text{ l} \times 0,845 \text{ kg/l}$$

$$m_0 = 523,9 \text{ kg}$$

Tällöin säiliön maksimipainoksi saadaan

$$m_1 = m_{kok} - m_0 \quad (7)$$

Josta saatiin

$$m_1 = 720 \text{ kg} - 523,9 \text{ kg}$$

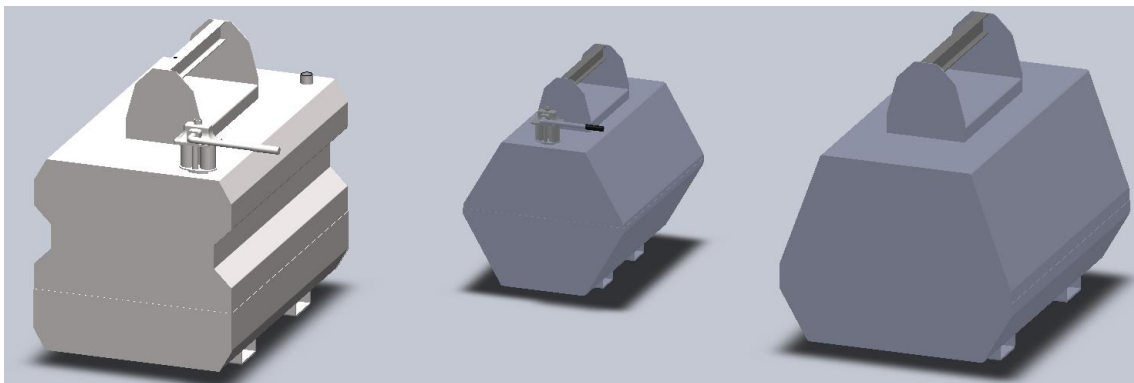
$$m_1 = 196,1 \text{ kg}$$

SolidWorks 3D –ohjelma antaa 3D-mallille painon jota verrataan tulokseen  $m_1$ .

## 6 IBC-PAKKAUKSEN 3D-MALLINTAMINEN

IBC-pakkauksen 3D-mallien suunnittelu aloitettiin tekemällä kolme prototyyppiä (KUVA 1). Prototyyppien ei ollut tarkoitus olla lopullisia malleja vaan niistä haettiin lähinnä muotoja lopulliseen tuotteeseen. Näistä prototyypeistä Kiurumet Oy:n tuotantopäällikö Lassi Mehtonen valitsi omasta mielestään parhaan. Tätä prototyyppiä lähdettiin kehittämään lisää ja sen pohjalta tehtiin lopullinen malli.

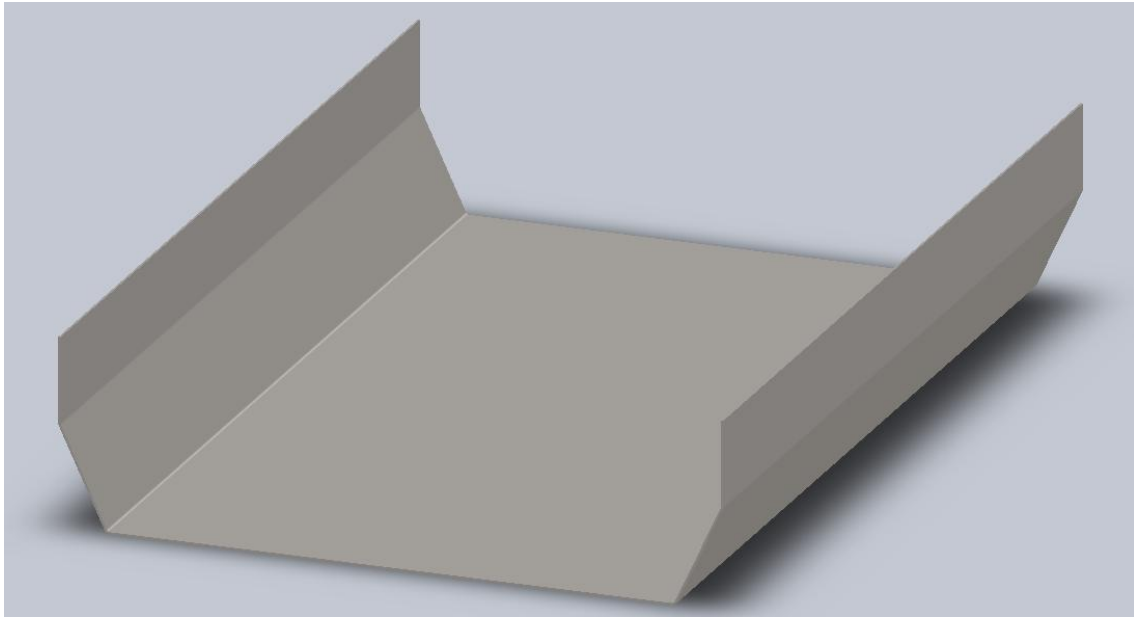
Prototyypeistä voittajaksi valikoitui säiliö joka on kuvassa ensimmäinen vasemmalta.



KUVA 2. Säiliön prototyyppejä. Mallintanut Jukka Nissinen

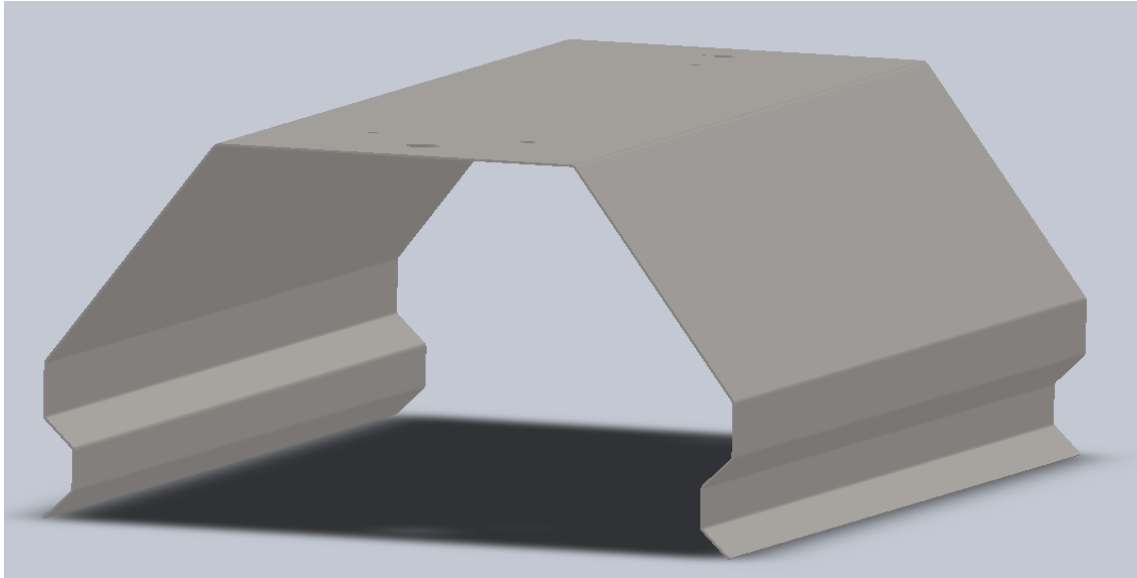
## 6.1 Lopullisen 3D-mallin suunnittelu

Prototyypin pohjalta lähdettiin suunnittelemaan lopullisen säiliön 3D-mallia. Lisäksi lopullista säiliötä suunniteltaessa otettiin huomioon rajoitukset, joita oli Lassi Mehtosen kanssa sovittu. Koska levy josta säiliö valmistettaisiin on 1250 millimetriä leveä, valittiin säiliön syvyydeksi 1250 millimetriä. Lisäksi haluttiin että säiliö mahtuisi metsäkoneen pankkojen väliin, joten pohjan leveys piti saada alle 750 millimetriin.



KUVA 3. Pohjalevyn profiili. Mallintanut Jukka Nissinen

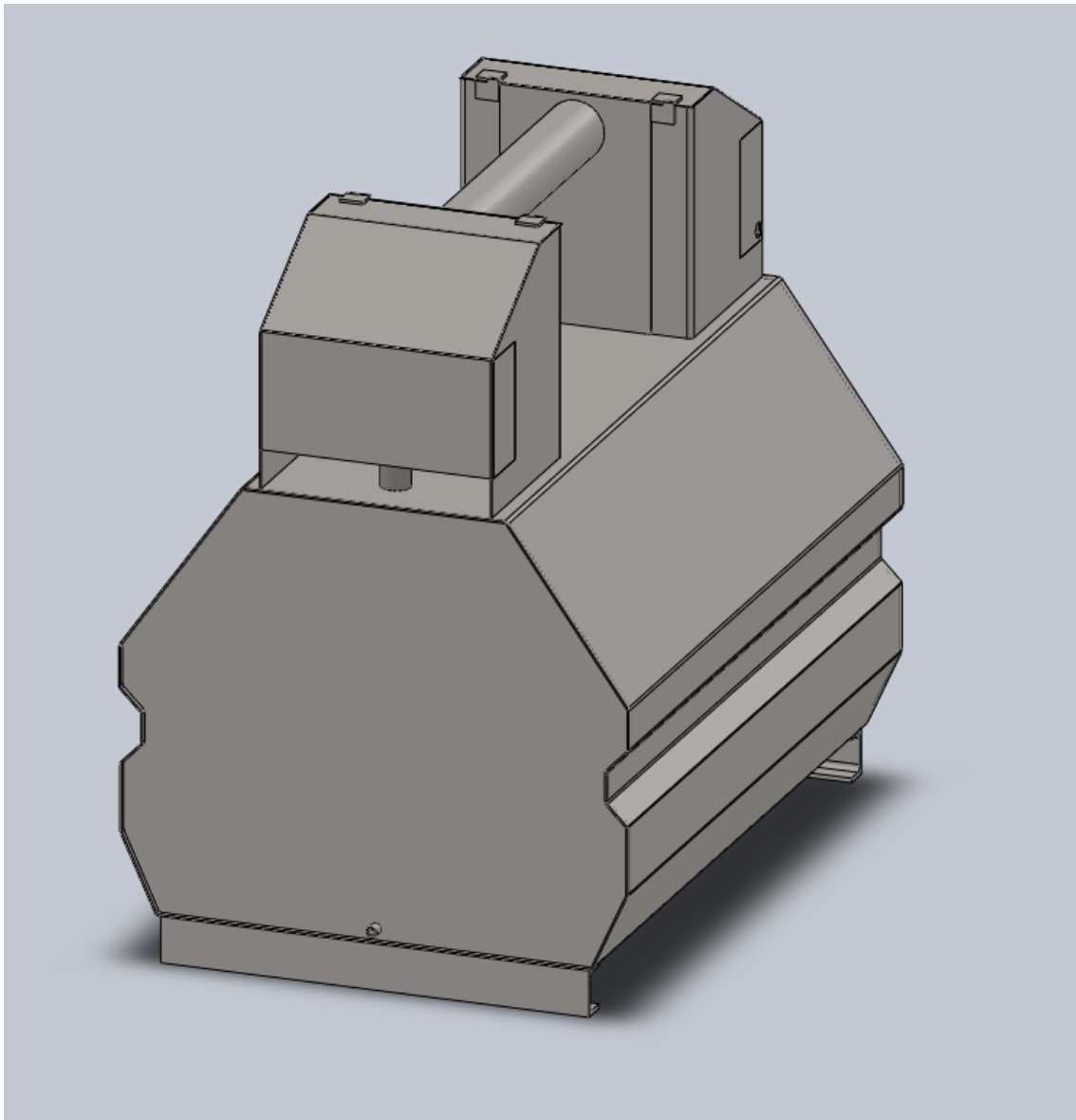
Koska vaippa haluttiin valmistaa yhdestä levystä oli siitä saatava tarpeeksi jäykkä. Myös turhaa hitsausta haluttiin välttää, joten tukisankojen sijaan päätettiin vaippaan tehdä pokkaukset sivuille. Tällä tavoin saatiin lisää jäykkyyttä ja näytävyyttä (KUVA 4).



KUVA 4. Vaipan profiili. Mallintanut Jukka Nissinen

Päätylevyt suunniteltiin siten, että ne upotettaisiin kymmenen millimetriä profiilin sisään. Tämä mahdollisti sen, että hitsisaumat pystyttiin suunnittelemaan pienahitsille. Samasta syystä myös jalaksina käytettävät UNP80-palkit sijoitettiin 5 millimetriä pohjaprofiilin reunasta. Säiliön sisään suunniteltiin loiskelevy hidastamaan nesteen liikettä.

Säiliöön suunniteltiin nostosanka metsäkoneen kouraa varten. Ja koska säiliötä siirreltäisiin kouralla haluttiin päälle asennettavat lisälaitteet ja yhteet suojata. Sen takia nostosangan molemmin puolin suunniteltiin lisälaitteille ja yhteille suojakotelot. Suojakotelojen tehtävä on metsäkoneen kouran lisäksi suojata lisälaitteita ilkivallalta ja varkauksilta. Siksi kotelon kansi on mahdollista lukita. Koska suojakotelot kannattelevat sangasta nostettaessa koko säiliötä, suunniteltiin niihin tukilevyt jotka vahvistavat rakennetta. Päätylevyyn alas suunniteltiin paikka tyhjennysventtiilille (KUVA 5).



KUVA 5. IBC-pakkaus. Mallintanut Jukka Nissinen

## 7 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyö käsitteli Kiurumet Oy:lle suunniteltavaa IBC-pakkausta. Työn alussa tavoitteeksi oli määritelty IBC-pakkauksen vaatimusten selvittäminen, sekä 3D-mallien ja piirrustusten tekeminen. Lisäksi työhön kuului selvittää tarkastuslaitokset, jotka testaavat ja tyyppihyväksyvät säiliöt.

Työ alkoi kartoittamalla mahdollisia tarkastuslaitoksia ja sitä kautta selvittämällä minkälaisia testejä IBC-pakkauksille suoritettaisiin. Myös vaadittavat asetukset ja standardit saatiin selvitettyä tarkastuslaitoksien kautta.

Työn aikataulussa etenemisessä oli hiukan ongelmia. Vaikkakin esiselvitykset ja itse IBC-pakkauksen suunnitelmat ja mallit saatiin lähes aikataulussa Kiurumet Oy:lle, siirtyi opinnäytetyön raportointi erinäisten syiden takia. Vaikeuksia esiselvityksessä tuotti yli tuhat sivuinen asetus josta tietoa oli välillä hankala etsiä.

Työn tuloksena Kiurumet Oy:lle suunniteltiin toteuttamista vaille valmis IBC-pakkaus. Kaikki asetuksen määrittämät vaatimukset saatiin selville ja säiliöstä laadittiin valmiit työpiirrustukset. Lisäksi myös testit ja niiden hinnat selvitettiin asiakkaalle valmiiksi.

Työtä voidaan pitää onnistuneen. Yritys sai valmiin suunnitelman ja esiselvitykset IBC-pakkauksen valmistukseen. Itse kehityin yrityksen ja viranomaisten kanssa yhdessä toimimisessa sekä teräsrakenteiden suunnittelussa. Työ oli kaikenkaikkiaan hyvin haastava ja mielenkiintoinen.

## LÄHTEET

1 Kiurumet Oy, Yritysesittely. [verkkodokumentti]

[viitattu 5.10.2010.] saatavissa: <http://www.kiurumet.fi/yritys/>

2 Yritystele.fi, Yrityshaku. [verkkodokumentti]

[viitattu 5.10.2010.] saatavissa: <http://www.yritystele.fi/i/Kiurumet%20Oy/114716>

3 Tukes.fi, VAK-tarkastuslaitokset [verkkodokumentti]

[viitattu 15.12.2010.] saatavissa:

[http://www.tukes.fi/tiedostot/tarkastuslaitokset/tarkastustoiminta\\_opas.pdf](http://www.tukes.fi/tiedostot/tarkastuslaitokset/tarkastustoiminta_opas.pdf)

4 Liikenne- ja viestintäministeriön asetus N:o 171,

vaarallisten aineiden kuljetuksesta tiellä, 2009

5 Rautaruukki Oyj, Rakenneteräket: Ruukki Laser [verkkodokumentti]

[viitattu 10.1.2011] saatavissa: [www.ruukki.fi](http://www.ruukki.fi)

6 Rautaruukki Oyj, Särmäysohje [verkkodokumentti]

[viitattu 10.1.2011] saatavissa: [www.ruukki.fi](http://www.ruukki.fi)

7 SFS-EN 12285-2: Maanpäälliset, sylinterimäiset, makaavat yksi- ja

kaksoisvaippasäiliöt palaville ja palamattomille vesiä pilaaville nesteille

8 Neste Oyj, Diesel-polttoaineopas [verkkodokumentti]

[viitattu 10.1.2011] saatavissa: <http://www.neste.fi/>



